



KIM KEATS

Director de **EKON** strategy consulting
by I&C Training
 Una marca de I&C Academy

HIBRIDACIÓN 2.0; EÓLICA + FV + BESS PARA MINIMIZAR EL RIESGO EN EL MERCADO ELÉCTRICO

“La “hibridación 2.0” es la integración de sistemas de almacenamiento energético en parques eólicos que ya se han hibridado con fotovoltaica. Un paso más en la incorporación de tecnología clave para la transición energética de cualquier sistema eléctrico.”

EÓLICA, FOTOVOLTAICA Y, AHORA, BESS

La combinación de tecnologías renovables para generar electricidad en un mismo espacio no es una novedad, es una práctica cada vez más común. Las ventajas de aprovechar un punto de conexión para tener dos tecnologías, por ejemplo, eólica y fotovoltaica (FV), van desde un mejor factor de capacidad hasta una mejor oportunidad para contratar PPA en carga base (baseload).

Con la llegada casi masiva de la canibalización y el “curtailment”, la energía solar debe encontrar nuevas “formaciones” para garantizar el retorno a su inversión, a la vez que se puede ayudar al sistema eléctrico a tener una mayor robustez y unos menores costes.

Por estos motivos, entre otros, la hibridación de parques de energía renovable va (y debe) evolucionando a nuevas tendencias, que podemos llamar “hibridación 2.0”. Nos referimos a la integración de sistemas de almacenamiento energético en parques eólicos que ya se han hibridado con FV. Un paso más en la incorporación de tecnología clave para la transición energética de cualquier sistema eléctrico.



¿QUÉ ES UN PPA BASELOAD?

En este tipo de PPA, el desarrollador del proyecto es el encargado de convertir la generación bruta del parque en una carga base. Es el más común entre los clientes, ya que guarda un equilibrio interesante entre precio y riesgo. Por lo tanto, en este PPA al cliente se le suministra una cantidad estable de energía generada y, aunque suele ser el producto financiero más competitivo en cuanto a precio, también es el que entraña mayor riesgo para el cliente, ya que la generación proveniente de fuentes renovables no es predecible.

Los precios acordados para los PPAs renovables “pay-as-produced” (“PAP”), especialmente los FV, están muy por debajo de los precios de un PPA baseload, que se explica por el miedo al apuntamiento y la falta de interés de los consumidores por un perfil que no se amolda a sus necesidades. Cuando los recursos solar y eólico se complementan, la curva de despacho tendrá un mínimo más estable que sirve para facilitar la venta de generación vía PPA baseload. Y si a ello le sumamos baterías (“BESS”, Battery Energy Storage System), la oportunidad de firmar este tipo de PPA se incrementa.

Esto responde a que, por una parte, se reducen los excedentes cuando la generación supera el nivel contratado ya que se puede almacenar en el BESS. Por otra, las compras de energía a precio de mercado cuando la generación queda por debajo del nivel contratado serán menores al poder cubrir el déficit con energía del BESS. Además, al tener 3 tecnologías, se pueden firmar más MW contratados en baseload.

VENTAJAS FRENTE AL PAY-AS-PRODUCED

Hay varias maneras de llevar a cabo el desarrollo incremental de un proyecto de hibridación (ver Gráfico 2) pero todas las mejores llegan a un punto final (cajita verde) con eólica+FV+BESS, un solo contrato PPA baseload con una cobertura más alta que con “standalone” eólica, y un perfil de riesgo mucho menor al no estar expuesto a recompras cuando la generación renovable más la inyección de la BESS dan menos de lo contratado.

Lo demostramos con una instalación eólica con PPA baseload (fase uno). Si es técnicamente viable, tiene mucho sentido añadirle FV (fase dos) ya que ayuda a reducir esos excedentes y compras (relativo al MW contratado en baseload). Pero entonces, una mejor solución sería añadirle BESS, transferir esos excedentes para cubrir las compras y, a la vez, poder subir el nivel de MW contratados en PPA baseload (fase tres). Cabe señalar que remuneraríamos la energía FV a un precio PPA de carga base superior al precio PAP.

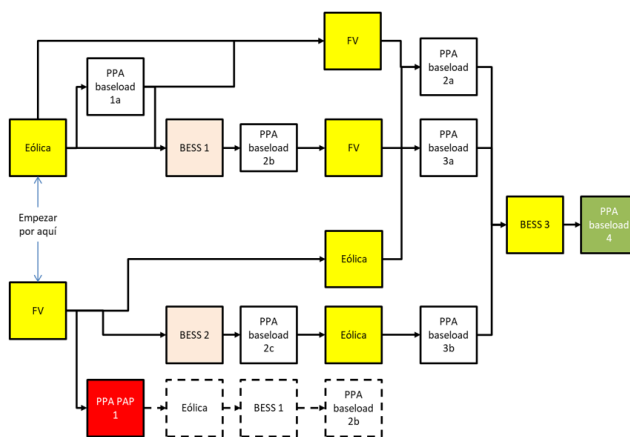


Gráfico 2: Opciones de hibridación y contratación de eólica, FV y BESS | K4K/EKON

Por el contrario, la opción de empezar un proyecto de hibridación con un proyecto de standalone FV y un contrato PPA PAP (fase una) es un callejón sin salida. Añadiéndole eólica+BESS no tiene el mismo impacto que si la FV no está contratada. El valor incremental de la ampliación con eólica+BESS (fase 2) se tendría que evaluar como si estos formasen un proyecto separado, es decir, hay poca sinergia entre las dos fases.

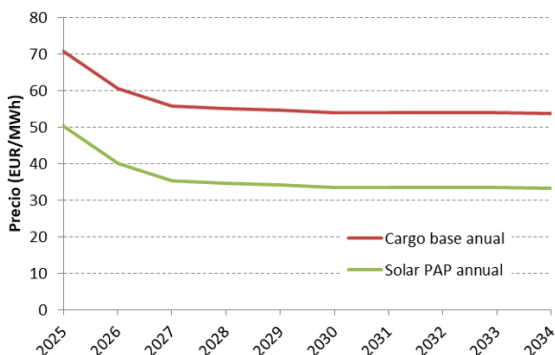


Gráfico 1: Contratos anuales baseload y FV PAP. Fuente: OMIP, 13 septiembre 2024 | K4K/EKON

Solo podemos llegar a la caja verde si la FV no está contratada en PAP. Por supuesto, esto implica otro problema, ya que sin PPA, la financiación para la primera fase se hace más difícil. Esto podría explicar por qué datos generales indican que los promotores de parques eólicos están más interesados en explorar la hibridación que los promotores de FV.

MÁS DESPACHO Y MENOS RIESGO CON HIBRIDACIÓN 2.0

Aunque la optimización suena muy compleja, es viable preparar un estudio simple basado en datos públicos para demostrar la eficacia de esta estrategia de hibridación 2.0. Aquí van unos datos representativos. Usamos la misma ubicación geográfica en la provincia de Valencia del primer artículo, [llamémoslo hibridación 1.0](#).

El enfoque del artículo anterior fue ilustrar la sinergia entre curvas de generación FV y eólica para demostrar que se podía añadir bastante FV a una planta eólica sin perder mucha generación al cruzar el límite de exportación a la red determinado por la capacidad eólica existente. Ahora queremos demostrar como la hibridación 2.0 nos deja ser más agresivos en términos de contratación, pero con un riesgo mucho menor.

Empezaremos con una planta eólica con un baseload PPA. Normalizamos para definir la capacidad máxima de generación e inyección a la red de 1MW. El contrato será de 0.5MW en cada hora del año. Dado que los datos de Renewables Ninja nos indican un factor de carga anual de nuestro porque eólico de 35,4% (equivalente a 3.101 horas o MWh anuales), como el contrato de 0,5 MW requiere un factor de carga anual de 50% (4.380 horas o MWh anuales), nos vamos a quedar muy cortos. Esto se ve reflejado por el área roja en los Gráficos 3 y 4. (Estos grupos de tres gráficos son iguales solo que los del Gráfico 3, página 5, se enfocan en los resultados de la primera quincena del año representativo.) El área verde indica generación por encima del nivel de contratación mientras el área azul indica generación cubierta por el contrato. Las primeras 2 columnas de la Tabla 1 resumen los resultados anuales para la configuración con solo eólica (Página 4).

Por la discrepancia de la generación y suministro bajo el contrato, solamente se venden 2.380 MWh de energía generada bajo el PPA. La diferencia de 721 MWh (= 3.101 - 2.380) refleja los excedentes que se venderán a precio de mercado. Mientras tanto, hay un déficit que requiere compras a precio de mercado de 2.000 MWh, equivalente a 65% de la generación anual. Obviamente, esta solución no tiene mucho sentido y explica como contratos de baseload PPA para proyectos eólicos standalone tienen coberturas mucho más bajas.

Al añadir 1 MW de FV, se ve que en el segundo de los tres primeros gráficos el área sombreada de rojo tiene menor volumen. Y lo visual se puede corroborar con los resultados en las segundas dos columnas de la Tabla 1. No solamente sube el despacho a 4.941 MWh, también se reduce el déficit a 1.077 MWh o 22% de la generación anual. Pero, aunque se reduce el riesgo del lado de las compras, todavía tenemos un riesgo de mercado importante ya que los excedentes suben a 1.638MWh.

Finalmente, añadimos el BESS de 0,5MW, 1 MWh de capacidad de almacenamiento, y asumimos una pérdida de 10% por ciclo. El algoritmo para su aprovechamiento es muy simple: cuando hay un exceso de energía por encima de lo contratado se almacena hasta que el BESS esté completamente cargado; y cuando hay un déficit relativo a lo contratado, se despacha el BESS hasta satisfacer el suministro de energía contratada o hasta que el BESS se quede sin carga. No necesitamos precios horarios; esto no es una optimización de operación perfecta y la verdad es que no es necesaria para identificar el beneficio de BESS en esta configuración.

El tercero de los tres primeros gráficos indica otra caída clara en el volumen del área roja. Los resultados están en el tercer par de columnas de la Tabla 1. El despacho total sube a 5.268 MWh ya que se puede usar la suma de casi todo el despacho de las dos tecnologías. Observamos otra reducción en el déficit a 615 MWh o casi 12% del despacho anual y también una reducción importante en los excedentes que se quedan en 1.174 MWh o 22% del despacho anual.

CONCLUSIÓN

Cada paso que damos añadiendo FV a la eólica y después BESS, reduce el riesgo de compra o venta a precio de mercado y asegura que una cuantía mayor de generación se venda a precio de PPA baseload.

Esta es la propuesta de valor de los BESS para los inversores más conservadores como los bancos y, por separado, todavía nos quedaría la posibilidad de mejorar los beneficios del BESS por participación en los mercados diarios, intradiarios y de ajuste.

Parámetro	Eólica		Eólica+PV		Eólica+PV+BESS	
	MWh o horas	Factor de carga ¹	MWh o horas	Factor de carga ¹	MWh o horas	Factor de carga ¹
Generación	3101	35,4%	4941	56,4%	5268	60,1%
Contratada	4380	50,0%	4380	50,0%	4380	50,0%
Generación que cubre el contrato perfectamente [azul]	2380	27,2%	3303	37,7%	4094	46,7%
Excedentes (ventas a mercado) [verde]	721	8,2%	1638	18,7%	1174	13,4%
Déficit (compras a mercado) [roja]	2000	22,8%	1077	12,3%	615	7,0%

Tabla 1. Resultados de simulación.

1: Generación o horas / 8760. Fuente: K4K/EKON basado en perfiles de generación de Renewables Ninja.



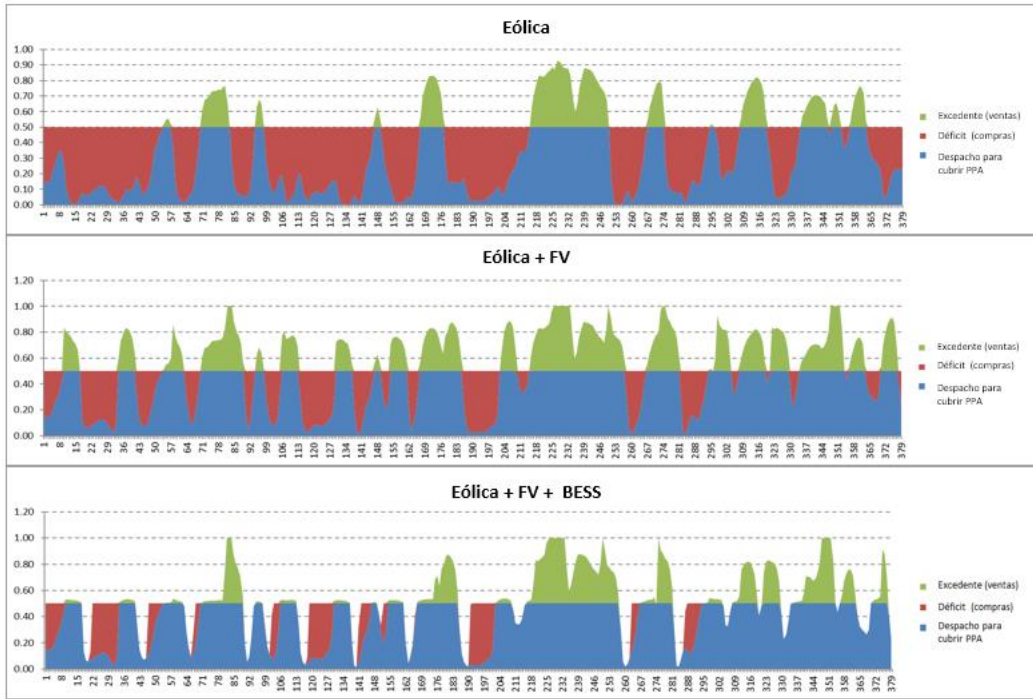


Gráfico 3: Resultados de generación horaria (primera quincena del año)
Fuente: K4K/EKON basado en perfiles de generación de Renewables Ninja.

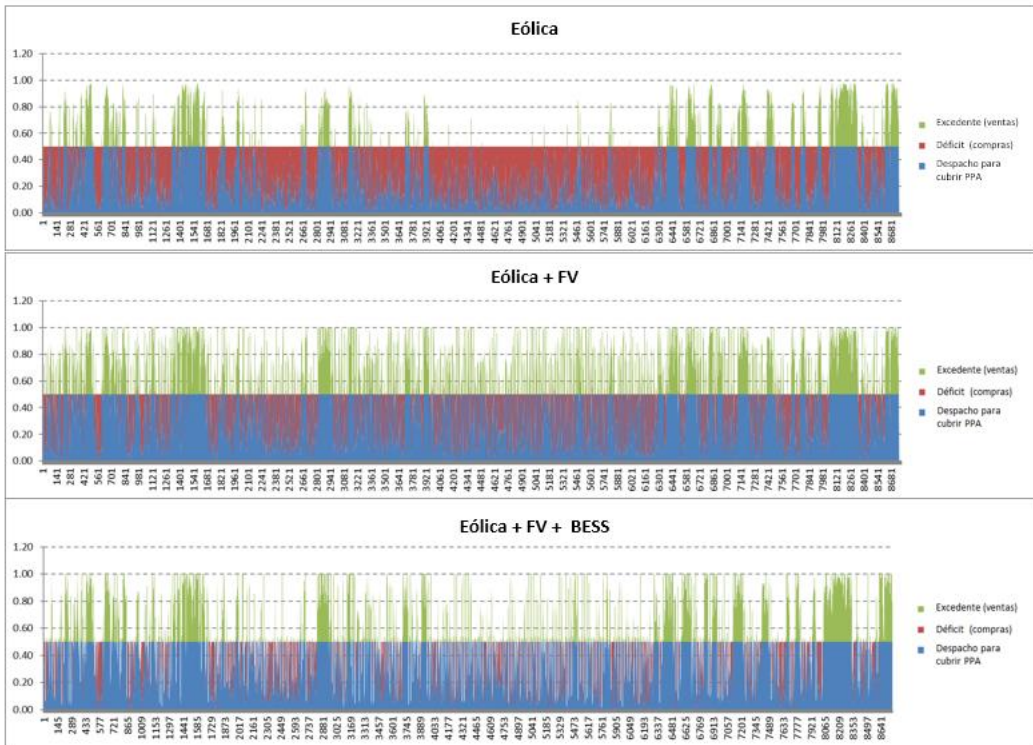


Gráfico 4: Resultados de generación horaria (todas las horas de año)
Fuente: K4K/EKON basado en perfiles de generación de Renewables Ninja.